раста, на стадии же гусеницы старшего возраста и куколки ведущая роль переходит к двукрылым паразитам. Убыль популяции от микроспоридий происходит не только в результате гибели зараженных особей, но и в результате снижения плодовитости и степени оплодотворенности яиц у развившихся до имаго особей.

ЛИТЕРАТУРА

Исси И. В. Микроспоридии, регулирующие численность вредных насекомых.— Тр. ВИЗР, 1968, вып. 31, с. 300—330.
Исси И. В. Влияние микроспоридиоза на плодовитость непарного шелкопряда Lymantria dispar L. (Lepidoptera, Orgydae) в ряду поколений.— Тр. ВИЗР, 1968 а, вып. 31, с. 331—339.
Исси И. В. Применение микроспоридий для биологической борьбы с насекомыми, вредящими сельскому хозяйству.— В кн.: Биол. средства защиты раст. М.: Колос, 1974, с. 360—373.

Черноморский заповедник
АН УССР

Поступила в редакцию
23.I 1978 г.

УДК 599.745.591.17

Ю. Е. Мордвинов, С. А. Хворов

ЛОКОМОЦИЯ И ХАРАКТЕР ОБТЕКАНИЯ ТЕЛА ПРИ ПЛАВАНИИ ГРЕБЕНЧАТОГО ТРИТОНА (*TRITURUS CRISTATUS* LAUR.)

Изучение локомоции и особенностей обтекания тела встречным потоком воды при плавании животных, ведущих водный и полуводный образ жизни, имеет важное значение для функциональной морфологии, в эволюционном плане и т. д.

Весьма слабо в этом отношении изучены хвостатые амфибии (Urodela), в частности *Triturus cristatus* Laur. В отечественной и зарубежной литературе мало данных о локомоции в воде и совершенно отсутствуют сведения о характере обтекания тела этих животных, сохранивших способ плавания большинства рыб (при помощи волнообразных латеральных изгибов тела). В этой связи представляется интересным получение кинематических и динамических характеристик плавания тритона, а также проведение опытов по визуализации картины обтекания его тела. Сравнение полученных данных с таковыми для рыб позволит судить о степени приспособленности тритона к плаванию.

С этой целью в 1976 г. в отделе нектона ИнБЮМ АН УССР были проведены эксперименты по изучению локомоции и визуализации характера пограничного слоя при плавании тритона. В опытах использованы 9 тритонов подвида *Triturus cristatus korelinii* (2♀ и 7 ♂), пойманных в районе горы Чатыр-Даг (оз. Кутузовское, близ г. Симферополя).

Изучение локомоции тритона проводили в гидролотке (4×0,4×0,4 м), при глубине рабочего слоя воды 0,3 м. Дно лотка и его стенки (белого цвета) были размечены масштабными отметками через каждые 10 см. Лоток наполнялся пресной водой (15—18° С), и помещенный в него тритон проплывал вдоль определенного участка. Темный силуэт животного хорошо контрастировал с белым фоном дна лотка. Плавание тритона в толще воды фиксировали кинокамерой «Конвас-автомат» на 35-мм кинопленку КН-2 (частота съемки 24±1 кадр/сек).

Эксперименты по визуализации картины обтекания тела тритона проводили по методике, разработанной для рыб (Алеев, Овчаров, 1969, 1971), с модификацией. В опыт брали животных длиной (L_c) 11,0—14,5 см (L_c — длина по горизонтали от конца носа до конца хвоста) при высоте тела 1,0—2,0 см. При таком соотношении размеров испытуемых объектов и лотка практически исключалось влияние стенок лотка, его

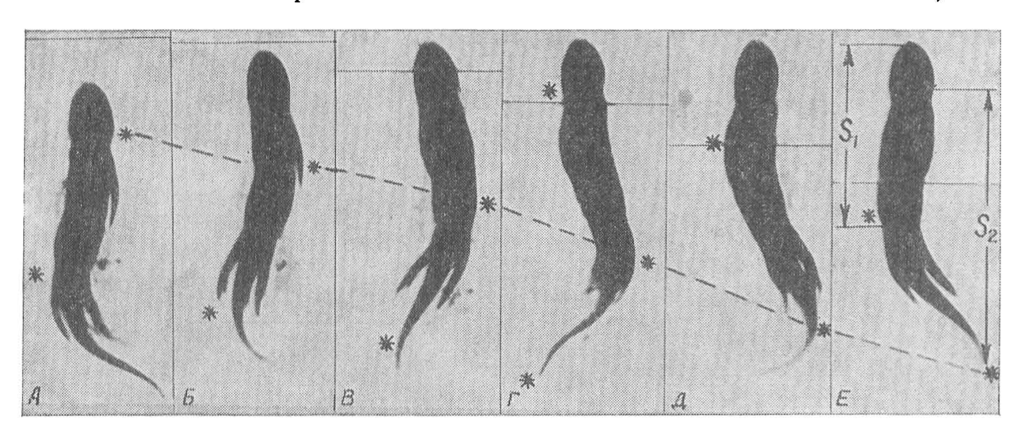
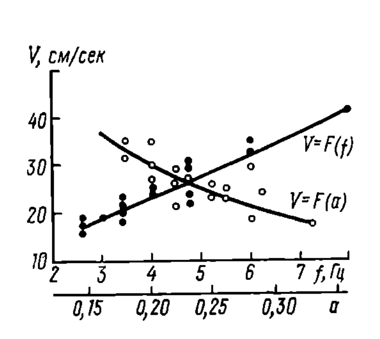


Рис. 1. Последовательные стадии локомоторного цикла тритона при плавании в толще воды. (звёздочками обозначены экстремумы локомоторной волны: S_1 — путь, пройденный тритоном, S_2 — путь, пройденный локомоторной волной).

дна и поверхности воды на характер пограничного слоя. Опыты, в которых животные проплывали вблизи поверхности воды, дна лотка и его стенок, выбраковывались. Визуализация картины обтекания тела встречным потоком воды достигалась путем нанесения гистологического красителя азур-2 (химически нейтрального и безвредного) на поверхность тела тритона, для чего его помещали в желеобразный раствор красителя. Мгновенному смыванию красителя с тела при плавании препятствовала зернистость его кожи, которая определенное время удерживала частицы краски. Благодаря этому, вдоль тела тритона и за ним некоторое время оставался темный, хорошо контрастирующий с белым дном лотка, след. В ходе экспериментов было отснято 500 м пленки, из которой после выбраковки только 1/20 часть использовалась в дальнейшем анализе.

Результаты визуальных наблюдений и анализ отснятой кинопленки показали, что при плавании, в момент рывка, тритон закидывает передние конечности за спину (рис. 1, *В—Е*), что снижает встречное сопротивление. Кроме того, угол наклона передних конечностей по отношению к туловищу имеет значение при заглублении или всплытии животного, т. е. передние конечности выполняют функцию рулей глубины, а также стабилизаторов и тормозов. Задние конечности расположены несколько ниже продольной оси тела и создают дополнительную пропульсивную силу; основным же движителем является хвост. При активном плавании по телу проходит локомоторная волна, с нарастающей от головы к хвосту амплитудой ($A_1=0{,}03$; $A_2=0{,}08$; $A_3=0{,}16$; $A_4=0{,}30$; $A_5=0{,}41$; при длине тритона $L_c=14{,}5$ см). A_1—A_5 — амплитуды локомоторной волны для середин каждого из пяти равнозначных элементарных участков, на которые условно разделено тело животного (по методике Ю. Г. Алеева, 1969). Образуемая локомоторная волна сообщает тритону некоторую поступательную силу. По кинограмме (рис. 1) были рассчитаны скорость распространения локомоторной волны (с) по телу

тритона и скорость поступательного движения (v) для данного конкретного момента. Обе величины найдены по аналогичным формулам $c=\frac{S_2}{t}$ и $v=\frac{S_1}{t}$, где S_2 — путь, пройденный локомоторной волной, S_1 — путь, пройденный тритоном, t — время прохождения. Расчетные значения



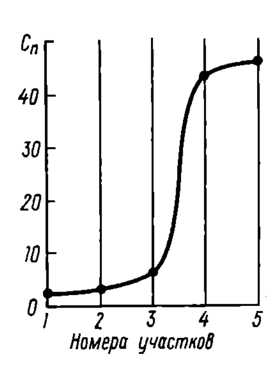


Рис. 2. Зависимость скорости плавания (v) тритона (L_c= =11,3 см) от частоты (f) и амплитуды (a) колебания хвоста.

Рис. 3. Кривая C_n для тритона (L_c=14,5 см).

составили: c=40,0 см/сек; v=26,0 см/сек, что определенно выше значений у угря (*Anguilla anguilla*) по данным В. В. Шулейкина (1958) — c=6,0 см/сек; v=4,0 см/сек, и несколько ниже таковых у скумбрии (*Scomber scombrus*) — c=47,0 см/сек; v=26,0 см/сек.

На кинопленке были найдены частоты и амплитуды колебаний хвоста тритона при плавании с различными скоростями. Для этого на кинограмме выделялся один локомоторный цикл (полный взмах хвоста вправо и влево, рис. 1) и подсчитывалось количество кадров, пошедшее на этот цикл. Значение частоты колебаний хвоста получали при делении частоты киносъемки (24±1 кадр/сек.) на число кадров одного полного локомоторного цикла. Диапазон частот колебаний хвоста для пяти исследованных особей составил 2,5—12 Гц, причем максимальные значения (8—12 Гц) зарегистрированы у тритонов меньших размеров (L_c= =10,8 см; 11,3 см; 12,4 см). На рис. 2 приведена зависимость скорости плавания тритона (v) от частоты колебаний хвоста (f). Видно, что между этими параметрами существует прямая связь — с ростом частоты колебаний хвоста скорость увеличивается. Подобная зависимость f= =F(v) характерна для многих животных и, в частности, отмечена В. Е. Пятецким и В. П. Каяном (1971) для саргана (*Belone belone*). Однако максимальное значение частоты колебаний хвостового плавника саргана в условиях эксперимента достигает лишь 7 Гц, тогда как у тритона — 12 Гц. Для определения амплитуд колебаний хвоста сначала находили абсолютные значения амплитуд, которые затем выражались в долях длины тела тритона. Относительные величины амплитуд (a) составили 0,12—0,33 L_c. Максимальное значение (a) для тритона составило 0,33 L_c, что несколько выше такового значения для рыб со скомброидным типом движителя (Шулейкин, 1953), которое не превышает 0,25 L_c. Например, по данным В. Е. Пятецкого и В. П. Каяна (1971), максимальные значения амплитуд для саргана составляют всего 0,06—0,08 L_c, хотя абсолютные их величины выше из-за больших абсолютных размеров объекта.

Анализ кривых зависимости скорости (v) от амплитуды (a) колебаний хвоста тритона показывает, что при увеличении (a) скорость плавания снижается (рис. 2). Следовательно, наибольшие скорости достигаются при максимальных частотах и минимальных значениях амплитуд колебаний хвоста, характерных для особей своих размеров. Так, для тритонов длиной тела L_c =10,8 см, v=56,2 см/сек, f=10 Гц, a=0,12 L_c;

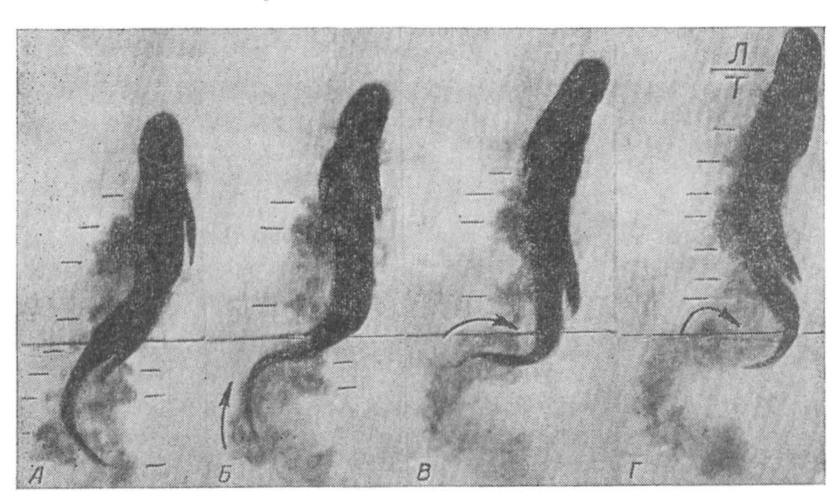


Рис. 4. Визуализированная картина обтекания тела тритона (L_c = 11,5 см; v=0,22 см/сек; Re=$2{,}5 \cdot 10^4$; f=4,8 Гц; a=0,20 L). Поперечная линия указывает место перехода пограничного слоя из ламинарного состояния (Л) в турбулентное (Т); штрихами отмечены отдельные вихри в пограничном слое; изогнутые стрелки показывают направление сворачивания гидродинамического следа за тритоном.

для L_c =12,4 см, v=77,5 см/сек, f=12 Гц, a=0,20 L_c. Скорости плавания тритонов в условиях эксперимента колебались в пределах v= =0,10—0,77 м/сек. (Re=1,2—$9{,}5 \cdot 10^4$), что значительно ниже таковых у сарганов (v=0,35—1,25 м/сек: Re=2,0—$5{,}5 \cdot 10^5$, Пятецкий, Каян, 1971) и многих других пелагических рыб.

Используя метод количественной оценки топографии локомоторной функции осевого ундуляционного движителя, разработанного Ю. Г. Алеевым (1969, 1973) для рыб, мы вычислили значения общего показателя C_n распределения локомоторной функции движителя по продольной оси тела тритона. Для расчетов по этой методике находили: площади локомоторной поверхности каждого элементарного участка тела S_n (при n=5), степень уплощенности поверхности отдельного участка и амплитуды локомоторных изгибаний тела (A_n), определенные по кинограммам. После окончательных расчетов по формулам (18) и (1) (Алеев, 1969, 1973) были вычислены значения C_n для пяти элементарных участков тела тритона, которые составили соответственно: C_1=0,02; C_2=0,03; C_3=0,06; C_4=0,43; C_5=0,46. Из приведенных данных видно, что значения C_n у тритона увеличиваются от головы к хвосту, причем основная локомоторная нагрузка приходится на два последних элементарных участка тела, т. е. на хвост (C_4=0,43; C_5=0,46). На рис. 3 графически показано распределение локомоторной функции по длине тела животного. Исходя из того, что условие $C_5 < 0{,}50$ характеризует движитель как угревидный, а $C_5 > 0{,}50$ как скомброидный (Алеев, 1969), можно видеть, что движитель тритона относится к угревидному типу.

Полученные в результате проведенных экспериментов материалы по визуализации картины обтекания тела тритона встречным потоком

5 9—3106

воды позволили более полно охарактеризовать степень приспособленности животного к плаванию. Как видно из кинограммы (рис. 4), пограничный слой у тритона смешанный и состоит из ламинарного и турбулентного участков. Ламинарность сохраняется на небольшом участке тела, охватывающем конфузорную область головы. Местом наибольшего возмущения пограничного слоя, где он из ламинарного состояния переходит в полностью турбулентное, является шейный отдел тритона.

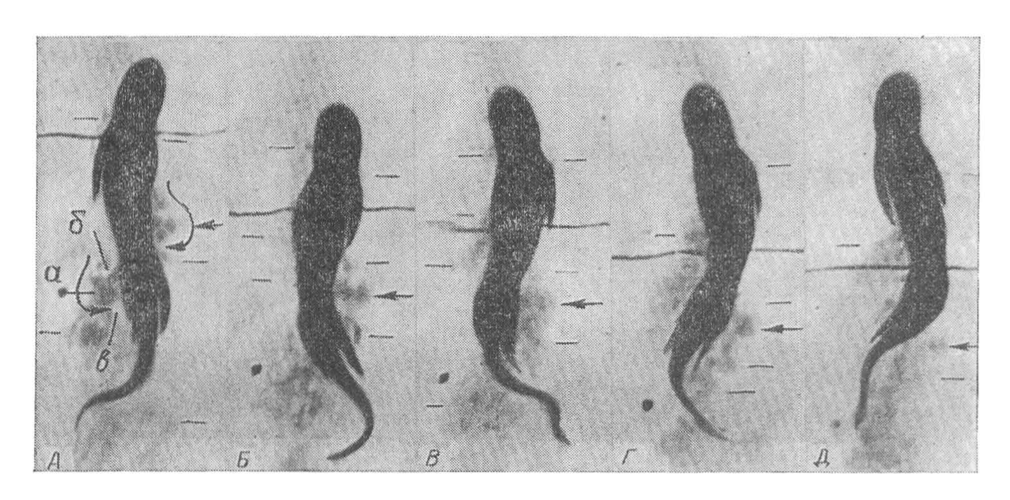


Рис. 5. Движение макровихрей вдоль тела тритона. Вихри обозначены стрелками (L_c= =11,5 см; v=0,22 см/сек; Re=2,5·10^4; f=4,8 Гц; a=0,16 L_c). Видна структура вихря (а — основная масса вихря, б — его ножка, в — клин подсасываемой воды). Изогнутые стрелки указывают направление вращения вихрей.

Турбулизацию пограничного слоя в этом месте вызывает наличие местного диффузора, т. е. сужения тела. На рис. 4 видно зарождение вихрей в шейной впадине, которые затем скатываются вдоль тела и образуют ясно выраженную вихревую систему. На рис. 5 видна структура вихря. Можно заметить ножку вихря и его основную массу. Между ней и телом тритона виден клин неокрашенной воды, который подсасывается в пространство между телом и вихрем в результате вращения последнего. Эта картина позволяет выяснить направление вращения вихря, указанное на фотографии изогнутыми стрелками. В режиме Re=0,2·10^4 при скорости 0,19 м/сек. установлено безотрывное обтекание тела тритона, включая весь хвостовой отдел, тогда как уже в режиме 2,5·10^4 (v=0,22 м/сек.) отмечено появление крупных вихрей у тела и их отрыв, начиная от местоположения наибольшей высоты тела и далее к хвосту (рис. 5). Показатель формы корпуса у тритона сравнительно низкий и составляет V=0,37. В целом картина гидродинамического следа тритона (рис. 4) полностью идентична таковой у рыб (Алеев, Овчаров, 1969). Причина образования отрывных вихрей заключается в относительном несовершенстве формы тела тритона. Из вышеизложенного очевидно, что значительная часть энергии локомоторных движений животного уходит на вихреобразование. Этим объясняются низкие скорости плавания, даже при сравнительно высоких значениях частот колебаний хвоста (до 12 Гц).

В целом тритон является плохим пловцом, что согласуется с его экологическими и морфологическими особенностями, как полуводного животного, и подтверждено экспериментально.

SUMMARY

Experiments carried out in a water tank helped revealing the dependence for the swimming rate of *Triturus cristatus* Laurenti of various dimensions on the amplitude and frequency of the propulsor operation. The general index of the propulsor locomotor function distribution along the body longitudinal axis is calculated. The propulsor is of the eel-like type. A visualized picture of the counterflow around the animal body is obtained experimentally; the flow around the whole length of the body is determined to be continuous; conditions of macrovortic formation in the boundary layer and their separation at the point of the greatest body cross-section and further towards the tail are established.

ЛИТЕРАТУРА

Алеев Ю. Г. Топография локомоторной функции у нектеров.— В кн.: Функционально-морфологические исследования нектонных животных. Киев: Наук. думка, 1969, с. 3—12.

Алеев Ю. Г., Овчаров О. П. О развитии процессов вихреобразования и характере пограничного слоя при движении рыб.— Зоол. журн., 1969, 48, вып. 6, с. 781—790.

Алеев Ю. Г., Овчаров О. П. О роли вихреобразования в локомоции рыб и влиянии границы двух сред на картину обтекания.— Зоол. журн., 1971, 50, вып. 2, с. 228—234.

Алеев Ю. Г. Движение и движители нектеров.— Зоол. журн., 1973, 52, вып. 8, с. 1132—1141.

Пятецкий В. Е., Каян В. П. Кинематика и гидродинамика плавания черноморских сарганов.— В кн.: Бионика, вып. 5. Киев: Наук. думка, 1971, с. 5—11.

Шулейкин В. В. Физика моря.— М.: Изд-во АН СССР, 1953.—989 с.

Институт биологии южных морей
АН УССР

Поступила в редакцию
22.IV 1977 г.

УДК 598.617:615.9

Т. П. Бутейко

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФАЗАНОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ КАРБОФОСА И ГАММА-ИЗОМЕРА ГЕКСАХЛОРАНА

Известно, что даже небольшие дозы пестицидов вызывают в организме животных изменение ряда морфо-физиологических и биохимических показателей, в том числе и наиболее чувствительных индикаторов общего состояния организма — гематологических (Сазонова, 1949; Стацек, 1962; Троценко, 1962; Иванов, Маковская, 1970 и др.). Однако влияние пестицидов на диких теплокровных изучено недостаточно (Туманов, 1965; Pujman, 1967; Gilbert, 1969; Федоренко и др., 1970; Pujman, Hanusova, 1970). В литературе практически нет сведений о действии пестицидов на кровь диких животных, в частности птиц.

Настоящая работа была выполнена с целью выяснения изменений, возникающих в крови фазанов под влиянием интоксикации карбофосом и гамма-изомером гексахлорана (ГХЦГ). Исследования проводили в апреле — мае 1977 г. на базе фазаньего хозяйства Шаланковского лесничества Закарпатской обл. Фазанов трижды затравливали 30%-ным концентратом эмульсии карбофоса и 90%-ным гамма-изомером ГХЦГ, с интервалом в 5 (для ГХЦГ), 4 и 7 (для карбофоса) дней. Для эксперимента отобрали вольерных животных одного возраста, выращенных в одинаковых условиях, на стандартном корме, и сформировали 4 группы — две группы петухов по 5 особей в каждой и две семьи по 1 самцу